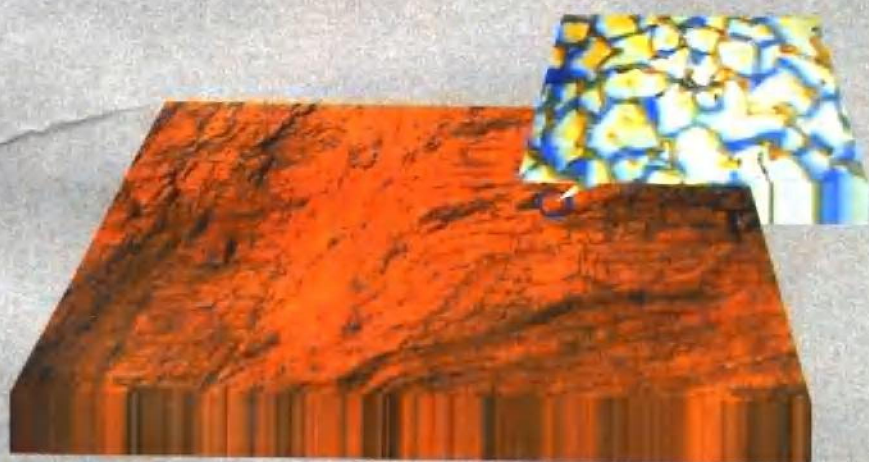


油气田开发地质

叶庆全 冀宝发 王建新 编著



石油工业出版社

登录号	126127
分类号	P618.130.2
种次号	126

油气田开发地质

叶庆全 冀宝发 王建新 编著

9705/15



石油0121423

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以油气藏作为主要研究对象,内容包括储层沉积特征、储层性质、储集空间、油气藏类型及油气层的生产能力等,着重介绍油气田开发地质的具体内容和工作方法,力求对油气田开发中涉及的地质问题进行阐述,为油气田开发工程提供地质基础。

本书除可供油气田开发工程技术人员学习之外,也可供大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

油气田开发地质/叶庆全等编著.

北京:石油工业出版社,1999.5

ISBN 7-5021-2477-2

I. 油…

II. 叶…

III. 油气田-石油天然气地质

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 35613 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

北京密云华都印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 16.5 印张 404 千字 印 1—1000

1999 年 5 月北京第 1 版 1999 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-2477-2/TE·2037

定价:25.00 元

前 言

油气田开发地质是石油地质学的重要组成部分,经过近半个世纪的迅速发展,已逐步形成一门独立而完整的应用科学。

油气田开发地质的中心任务是搞清油气藏的地质特征,为油气田开发工程提供地质基础。实践证明,油气田开发地质对油气田开发水平的提高影响很大,大庆油田的开发就是一个生动的例证。大庆油田属于多油层非均质性严重的油田,20世纪60年代初投入开发时,由于采用“笼统注水、笼统采油”的开采方法,致使油井很快见水,见水后含水迅速上升,产量迅速递减,造成“注水三年,水淹一半,采收率只有5%”的被动局面。1962年油田开发地质工作者创造出“旋回对比、分级控制”的小层对比方法,并明确提出油砂体是组成砂岩储油层的基本单元。只有搞清每个油砂体的产状、分布、储油物性等才能充分认识油层的非均质性,从而打破了大层段、大平均认识油层的旧框框。这是油田开发地质工作的一次重大突破,为实现“六分四清”(分层注水、分层采油、分层改造、分层测试、分层研究、分层管理和注水量清、产油量清、压力清、含水率清)采油工艺技术创造了条件,使油田开发水平提高了一大步。70年代开始研究的细分沉积相工作,至80年代,取得了重大成果,建立了四种三角洲沉积模式,划分出八种不同成因的砂体和五种非均质类型,为油田的层系、井网调整提供了地质基础,促进了油田高产稳产的实现。90年代建立的油层精细描述方法(精细到微构造、沉积微相、微细层、单砂体),明确了挖潜对象,并为全面调整提供了地质依据,促使“稳油控水”技术得到实现,从而又使油田开发水平提高了一大步。大庆油田的例子充分说明油田开发地质工作对搞好油田开发的重大意义。

油气田开发地质是以油气藏作为主要研究对象,把油气藏本身及其周围含水区域作为一个完整的研究单元,研究这一含油气水统一体的地质特征,为油气田开发方案设计提供地质依据;研究这一含油气水统一体在油气藏投入开发后的变化,为合理开发油气田提供地质基础。油气田开发地质需要研究的问题如下:

- 1) 储油(气)构造类型及地质特征;
- 2) 储层沉积特征;
- 3) 储层性质,包括储层岩性、连通状况、空间分布、非均质性等;
- 4) 储层储集空间,包括孔隙类型、渗透性、含油气饱和度、润湿性等;
- 5) 流体性质及其分布状况;
- 6) 油气层压力、温度及其生产能力;
- 7) 油气藏类型及驱动能量;
- 8) 油气藏储量大小及分布状况。

本书就是按照上述内容进行编写,并力求在油、气田开发中涉及的地质问题都有所阐述。储量计算是油气田开发地质工作中一项重要内容,但由于介绍这方面的书籍很多,故不再重复。本书着重介绍研究上述问题的具体内容和工作方法,以达到对读者有所启发和帮助的目的。由于编写者水平有限,如书中有不妥之处,敬请读者批评指正。

本书得到石油工业出版社叶敬东编审的大力支持和帮助,谨表示衷心的感谢。

作 者

1998年4月

目 录

第一章 油、气田地下构造	(1)
第一节 储油(气)构造	(1)
一、储油(气)构造与油(气)田开发关系	(1)
二、常见的油、气田构造类型	(3)
三、储油(气)构造描述内容及方法	(8)
四、构造平面图的编制	(10)
五、构造剖面图的编制	(13)
六、油(气)田开发后对构造的再认识	(14)
第二节 断层	(16)
一、油、气田中常见的断层类型及组合形式	(17)
二、断层描述主要内容及方法	(19)
三、确定地下断层存在的方法	(21)
四、断层分布图的编制	(24)
第三节 裂缝	(27)
一、裂缝类型、分类及分级	(27)
二、构造裂缝分布的一般规律	(29)
三、地下裂缝的研究方法	(30)
四、地下裂缝描述内容及方法	(31)
五、油、气田开发后对裂缝的再认识	(34)
第二章 油气层层组划分与对比	(36)
第一节 油气层层组划分与对比在油气田开发中的意义与作用	(36)
一、为编制好油田开发方案创造条件	(36)
二、为正确进行油田动态分析创造条件	(37)
三、为实现油田分层开采创造条件	(37)
四、为油田开发调整挖潜创造条件	(38)
第二节 油气层层组划分与对比的依据	(38)
一、岩性及其组合特征	(39)
二、沉积旋回特征	(39)
三、储层中含有物特征	(40)
四、储层地球物理特征	(41)
第三节 油气层层组划分	(41)
一、沉积旋回划分与对比	(41)
二、油气层层组划分依据与分级	(45)
第四节 油气层对比	(46)
一、油气层对比原则	(46)
二、油气层对比步骤	(46)

三、油气层对比方法	(47)
四、单砂体间连通关系的确定	(49)
五、单井油气层划分与对比资料的建立	(51)
第三章 细分沉积相	(56)
第一节 陆相沉积特征	(56)
一、山麓—洪积相	(56)
二、河流相	(58)
三、三角洲相	(61)
四、扇三角洲相	(63)
五、湖底扇(深水重力流)相	(65)
六、湖泊相	(65)
第二节 细分沉积相研究方法及步骤	(66)
一、收集有关资料	(67)
二、确定区域沉积背景	(67)
三、划分沉积单元	(67)
四、建立标准微相划分柱状剖面	(67)
五、测井相分析	(69)
六、单井划相	(71)
七、剖面与平面相分析	(71)
八、建立沉积相模式	(73)
第三节 各类砂体特征及油水运动规律	(74)
一、洪(冲)积扇砂砾岩体	(74)
二、河道砂体	(75)
三、分流河道砂体	(75)
四、河口砂坝砂体	(78)
五、稳定席状砂体	(78)
六、湖相滩砂砂体	(80)
第四节 细分沉积相研究在油田开发中的作用	(81)
一、为编制好油田开发方案提供地质依据	(81)
二、为培养高产井提供依据	(81)
三、为及时夺高产、实现产量接替提供依据	(82)
四、为合理划分动态分析区和进行动态分析提供依据	(83)
五、为选择挖潜对象、发挥工艺措施作用提供依据	(83)
六、为层系、井网及注水方式的调整提供依据	(84)
第四章 碎屑岩储层岩性及产状	(86)
第一节 储层岩性特征	(86)
一、岩石的颜色	(86)
二、物质成分	(87)
三、岩石结构	(88)
四、沉积构造	(92)

五、碎屑岩分类	(95)
第二节 储层产状	(97)
一、储层分布特征	(97)
二、油砂体	(97)
三、油层再认识	(100)
第三节 隔层	(102)
一、研究隔层的意义	(102)
二、隔层标准的确定	(103)
三、隔层分布类型	(106)
四、隔层研究内容及方法	(106)
五、隔层再认识	(107)
第五章 储层的非均质性	(108)
第一节 层间非均质性	(109)
一、层间岩性的差异	(109)
二、层间产状的差异	(110)
三、层间物性的差异	(111)
四、层间产油及吸水能力的差异	(112)
五、其它差异	(113)
六、层间矛盾的表现	(113)
第二节 平面非均质性	(114)
一、平面岩性的差异	(114)
二、井间储层厚度的差异	(115)
三、平面物性的差异	(115)
四、平面产能及吸水能力的差异	(116)
五、其它差异	(116)
六、平面矛盾的表现	(117)
第三节 层内非均质性	(118)
一、层内非均质性的表现	(118)
二、层内非均质类型	(120)
三、层内矛盾的表现	(121)
四、层内水洗类型	(122)
第六章 储层岩石的物理性质	(126)
第一节 储层岩石的孔隙性	(126)
一、孔隙分类	(126)
二、岩石孔隙度的不同含义及其分级	(127)
三、影响岩石孔隙度的因素	(128)
四、储层孔隙度研究内容及方法	(129)
五、储层水洗后孔隙度变化	(130)
第二节 储层岩石的渗透性	(131)
一、影响岩石渗透率的主要因素	(131)

二、岩石渗透率不同含义及其分级	(132)
三、储层渗透率研究内容及方法	(134)
四、储层水洗后渗透率变化	(136)
第三节 储层岩石的流体饱和度	(136)
一、饱和度表示方法	(136)
二、影响含油饱和度的主要因素	(138)
三、储层含油气饱和度研究内容及方法	(139)
第四节 储层岩石的敏感性	(140)
一、速敏性	(141)
二、水敏性	(142)
三、盐敏性	(144)
四、酸敏性	(144)
五、碱敏性	(146)
六、其它敏感性实验	(147)
第五节 储层岩石的润湿性	(148)
一、润湿程度的衡量及其分类	(149)
二、影响润湿性的因素	(150)
三、润湿性的非均匀性	(151)
四、储层岩石润湿性研究方法及内容	(151)
五、润湿性反转现象与油层水洗后润湿性变化	(151)
第六节 储层岩石的孔隙结构	(152)
一、碎屑岩孔隙类型	(153)
二、喉道类型	(153)
三、压汞法研究孔隙结构	(154)
四、孔隙结构主要特征及其表示方法	(155)
五、岩石孔隙结构研究方法及内容	(159)
六、储层水洗后岩石孔隙结构的变化	(160)
第七章 流体性质	(162)
第一节 原油性质	(162)
一、石油的化学组成	(162)
二、原油分类	(164)
三、地面原油性质	(167)
四、地层原油性质	(168)
五、原油性质研究方法及内容	(171)
六、油层水洗后原油性质变化	(171)
第二节 天然气性质	(173)
一、天然气组成与分类	(173)
二、天然气的物理性质	(174)
三、天然气性质研究方法及内容	(176)
第三节 地层水性质	(177)

一、地层水的化学组成及其分类	(177)
二、地层水的物理性质	(178)
三、地层水性质研究方法及其内容	(180)
第八章 油、气、水层及其界面的确定	(182)
第一节 油、气、水层的判断	(182)
一、录井资料法	(182)
二、地球物理测井法	(184)
三、地层测试法	(186)
四、试油试气法	(187)
第二节 油气、油水、气水界面的确定	(188)
一、利用试油试气资料确定	(188)
二、利用岩心资料确定	(189)
三、利用测井资料确定	(189)
四、利用地层测试资料确定	(190)
第三节 水淹层的判别	(191)
一、水淹层测井	(191)
二、生产测井	(192)
三、密闭取心	(193)
第九章 油、气藏类型	(195)
第一节 油、气藏一般分类	(195)
一、圈闭与油、气藏概念	(195)
二、油、气藏内油、气、水的分布	(195)
三、油、气藏分类	(196)
第二节 油、气藏开发分类	(200)
一、油藏分类	(200)
二、气藏分类	(205)
第十章 油、气层压力与温度	(210)
第一节 油、气层压力	(210)
一、地层压力的来源	(210)
二、原始地层压力	(211)
三、压力系统	(213)
四、目前油、气层压力	(215)
第二节 油、气层的温度	(217)
一、油、气层温度的来源	(217)
二、油、气层温度的测定	(218)
三、油层水淹后温度变化及其对油田开发效果的影响	(219)
第十一章 油、气层的生产能力与吸水能力	(222)
第一节 油、气层的生产能力	(222)
一、油、气层产能的表示方法	(222)
二、油、气井产能确定方法	(223)

三、油、气层产能研究内容及方法	(231)
四、油层水淹后产能的变化	(232)
第二节 油层的吸水能力	(233)
一、油层吸水能力表示方法	(234)
二、注水井吸水指数的确定方法	(234)
三、油层吸水能力研究内容及方法	(236)
四、油层水淹后吸水能力的变化	(237)
第十二章 油、气藏的天然能量	(238)
第一节 油、气藏驱动类型	(238)
一、油、气藏驱动能量	(238)
二、油、气藏驱动类型	(239)
三、油、气藏驱动类型的分析与判断	(242)
第二节 油藏天然能量计算	(244)
一、天然水驱能量计算	(244)
二、弹性驱动能量计算	(247)
三、溶解气驱动能量计算	(247)
四、气顶驱动能量计算	(247)
五、重力驱动能量计算	(248)
六、综合驱动油藏天然能量计算	(248)
第三节 油藏天然能量评价	(249)
一、评价油藏天然能量的资料依据	(249)
二、油藏天然能量评价指标	(250)
三、油藏天然能量大小分级	(250)
参考文献	(252)

第一章 油、气田地下构造

众所周知，石油、天然气大部分储藏在地质构造中。据统计，目前全世界已发现的三万多个油、气田中，约有 80% 的石油和天然气储量集中在背斜及断层遮挡构造中。我国目前已发现的上千个油、气田中，背斜型与断层型油气藏的储量也占总储量的 80%。因此，石油勘探工作者十分重视对地质构造的研究，其目的是要搞清地质构造对石油、天然气聚集的控制作用，以便寻找出更多的油、气藏。

油气田开发工作者也十分重视对地质构造的研究，因为油、气田的地质构造特征与开发井网部署、油田切割方式的确定、储量计算、注水方式的选择、动态监测系统的布置、开发调整等问题关系十分密切。因此在编制油、气田开发方案时，首先要搞清楚油、气田的构造类型及形态、断层性质及切割状况、裂缝密度及分布规律等问题，否则编制出的开发方案会脱离实际，给油、气田开发带来严重后果。油、气田投入开发后，对上述问题还要继续深入研究，以便采取相应的生产管理及综合调整措施，不断改善油、气田开发效果，以取得最好的经济效益。

第一节 储油（气）构造

一、储油（气）构造与油（气）田开发关系

储油（气）构造类型及形态与油、气田开发工作密切相关，不仅在编制油、气田开发方案时，应充分考虑油、气田储油（气）构造类型及形态特点，采用与之相适应的开发部署，而且在油、气田开采过程中，还要考虑其特点，采取与之相适应的生产管理办法。

（一）与井网布置的关系

在一般情况下，油田开发井网多采用线状布井，但对于短轴背斜型和穹隆型油田的开发井网可以考虑采用环状布井（图 1.1），以有利于水线均匀推进，提高油田开发效果。

断块型油田开发井网应根据各断块的地质特点，采用规则或不规则布井。一般来说，小断块不宜采用规则布井。

背斜构造型气田稀井网应沿构造轴部布井，以有利于提高气井产气量和最终采收率。

（二）与油田切割方式的关系

含油面积较大，不能一次全部投入开发的油田，都存在如何把油田切割成若干开发区，逐步投入开发的问题。切割方式与油田构造形态关系密切。一般来说，长轴背斜型油田多采用横切割方式，把油田切割成许多区块，逐步扩大油田开发面积，如大庆油田（图 1.2）。短轴背斜型和穹隆型油田可采用环状切割方式，把油田切割成若干开发区，逐步投入开发，如前苏联的罗马什金油田（图 1.3）。也有根据油层性质变化和强化开采的需要，采用块状切割方式，把油田切割成许多区块，逐步投入开发，如前苏联杜玛兹油田。该油田从 1961 年开始，把油田切割成 18 个区块，实行块状注水开发（图 1.4）。

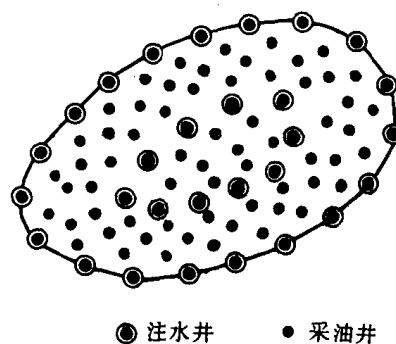


图 1.1 环状布井

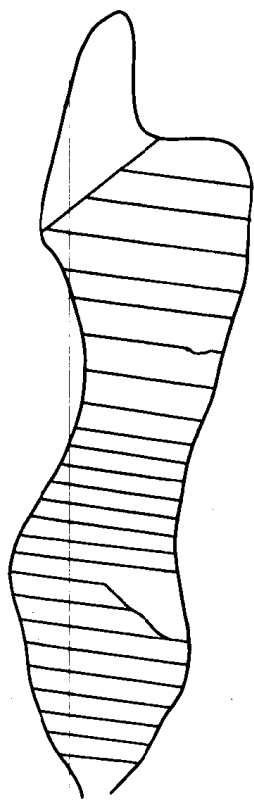


图 1.2 大庆油田开发区分布图

(三) 与注水方式的关系

在确定油田注水方式时，除重点考虑油层性质外，还应考虑油田的储油构造类型及形态特点。含油面积较大的背斜型油田，注水方式选择余地大，根据油层性质可采用环状切割注水、行列切割注水、面积注水等。含油面积较小的短轴背斜型和穹隆型油田可考虑采用边外或边缘注水方式，也可考虑采用顶部或腰部注水方式等。断块油田应根据各断块的地质情况选择相适应的注水方式。含油面积小的断块，可采用不规则点状注水方式，含油面积较大的断块，可采用面积注水方式。

(四) 与储量计算的关系

采用容积法计算石油和天然气储量时，某些计算参数的确定与储油构造类型密切相关。如含油、气面积的确定，背斜型油、气田的含油、气面积，一般都根据油水、气水界面的海拔深度，沿相应的构造等高线圈定。断块型油、气田含油、气面积则根据储层分布状况，沿断层线圈定。非构造的岩性及地层遮挡油、气藏，含油、气面积的确定较为复杂，要根据油水、气水界面及岩性、地层变化来圈定。另外，如含油、气饱和度的确定，不同储油构造类型也有区别。背斜型油、气田的含油、气饱和度受含油、气高度影响较大，构造高部位，含油、气饱和度大，构造低部位则相反。含油、气高度越大，这种影响也越大。因此在确定含油、气饱和度时，必须考虑选值的合理性和代表性。

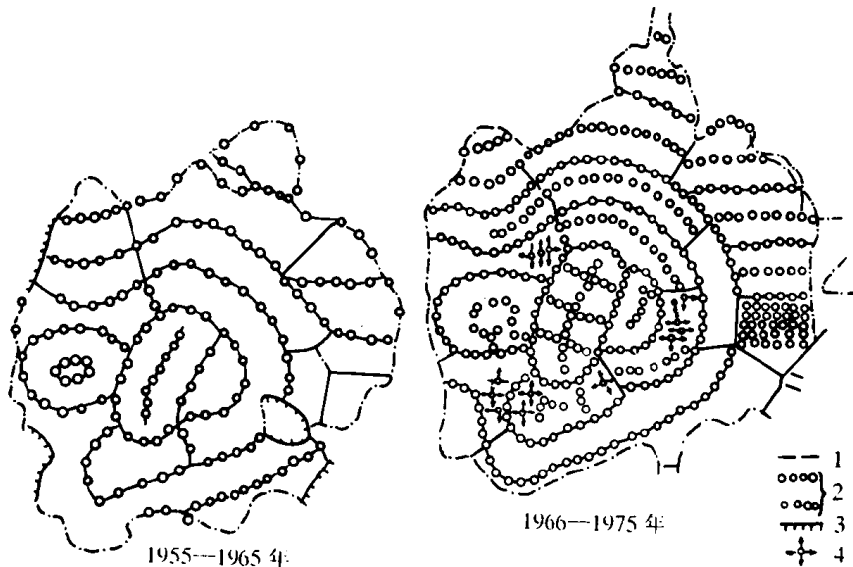


图 1.3 罗马什金油田切割区分布图
1—II 层含油边界线；2—切割线；3—油层尖灭线；4—点状注水

(五) 与动态监测系统部署的关系

不同储油构造类型油田的动态监测系统部署方法应有所区别。背斜型油田监测井点部署除要考虑油层性质及开采特点上具有代表性外，还要考虑构造位置的的代表性，也就是说，监

测井点要布置在不同的构造部位上。复杂断块油田的监测系统应以断块为单元进行部署，监测井点布置及其数量要根据每个断块的地质特点来确定。

复杂断块油田与背斜型油田，在生产管理与综合调整上也有诸多不同，在这里不一一叙述。总之，储油（气）构造类型是油、气田开发地质研究中一项重要的研究课题，是油、气田开发地质工作者的一项重要任务。

二、常见的油、气田构造类型

（一）背斜构造

背斜构造是油、气田中最普遍的构造类型。形成背斜构造的原因多种多样，主要有：由于侧压应力为主的挤压作用，使岩层弯曲而形成背斜构造；在地台区，由于基底活动，使上覆的沉积岩层变形而形成背斜构造；由于岩盐、石膏、粘土、泥火山等柔性物质活动而形成背斜构造；由于剥蚀与压实作用而形成背斜构造；在沉积的同时，发生褶皱而形成同沉积背斜构造；由于同生正断层下降盘一侧受重力滑动作用而形成逆牵引构造（滚动背斜构造）等。对油、气田开发来说，形成背斜构造的原因并不重要，重要的是背斜构造的形态特征。

1. 长轴背斜构造

长轴背斜构造指构造长轴与短轴的比例为 10 : 1 ~ 5 : 1 的构造。例如位于前苏联格罗兹内城以西 70km 的卡拉布拉克—阿恰鲁基（Карабулак—Ачалукки）油田的上白垩统油藏构造属于这种类型。该构造呈西北—东南向，两翼不对称，北翼陡（ $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ），南翼较平缓（ $12^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ），长轴 22.5km，短轴 3km，含油高度达 1050m，油田被三条正断层切割而复杂化（图 1.5）。我国四川石油沟气田的构造亦属于这种类型。

2. 短轴背斜构造

短轴背斜构造指长轴与短轴的比例为 5 : 1 ~ 2 : 1 的构造。巴基斯坦苏伊气田构造属于这种类型。该构造位于喜马拉雅—阿尔卑斯褶皱带与印度地台之间的苏莱曼山前凹陷。构造轴向为东西向，长轴 54km，短轴 19km，闭合面积约 1000km²。该构造平缓，最大倾角为 5°，保存完好，地下断层很少，属于底水块状气藏。该气田为巴基斯坦的大气田，也是世界的大气田之一（图 1.6）。我国的玉门老君庙油田 L 层构造与柴达木盐湖气田构造均属于这种类型。

3. 穹隆构造

穹隆构造指构造长轴与短轴比例为 2 : 1 ~ 1 : 1 的构造。位于前苏联伏尔加格勒城以北 250km 的科罗布科夫（Коробковское Газовое Месторождение）气田储气构造属于这种类型。该构造轴向北东，东南翼倾角 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ ，西北翼倾角小于 1° ，长轴 22km，短轴 17km，闭合度 210m，闭合面积 374 km²，地质储量 $700 \times 10^8 \text{m}^3$ （图 1.7）。大庆齐家油田属于小型穹隆构造，长轴 1.1km，短轴 0.8km，闭合度 42.5m，闭合面积只有 0.8 km²。

（二）鼻状构造

由于岩层受力扭曲，一端向下倾没，另一端抬起，构造等高线不闭合，形状像人的鼻子，叫鼻状构造，亦称半背斜。其上倾方向若受断层、岩性、地层遮挡时，可形成油、气藏。玉

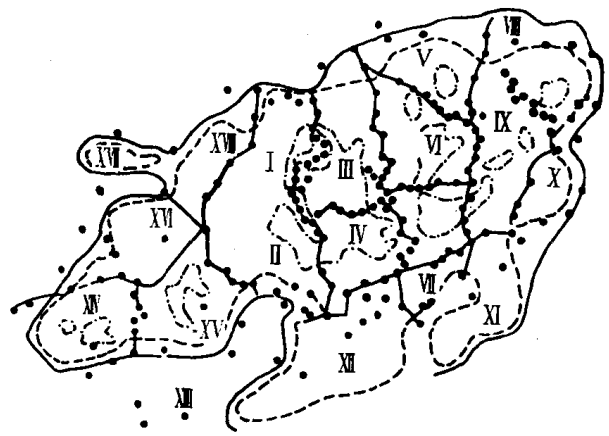


图 1.4 杜玛兹油田开发区分布图

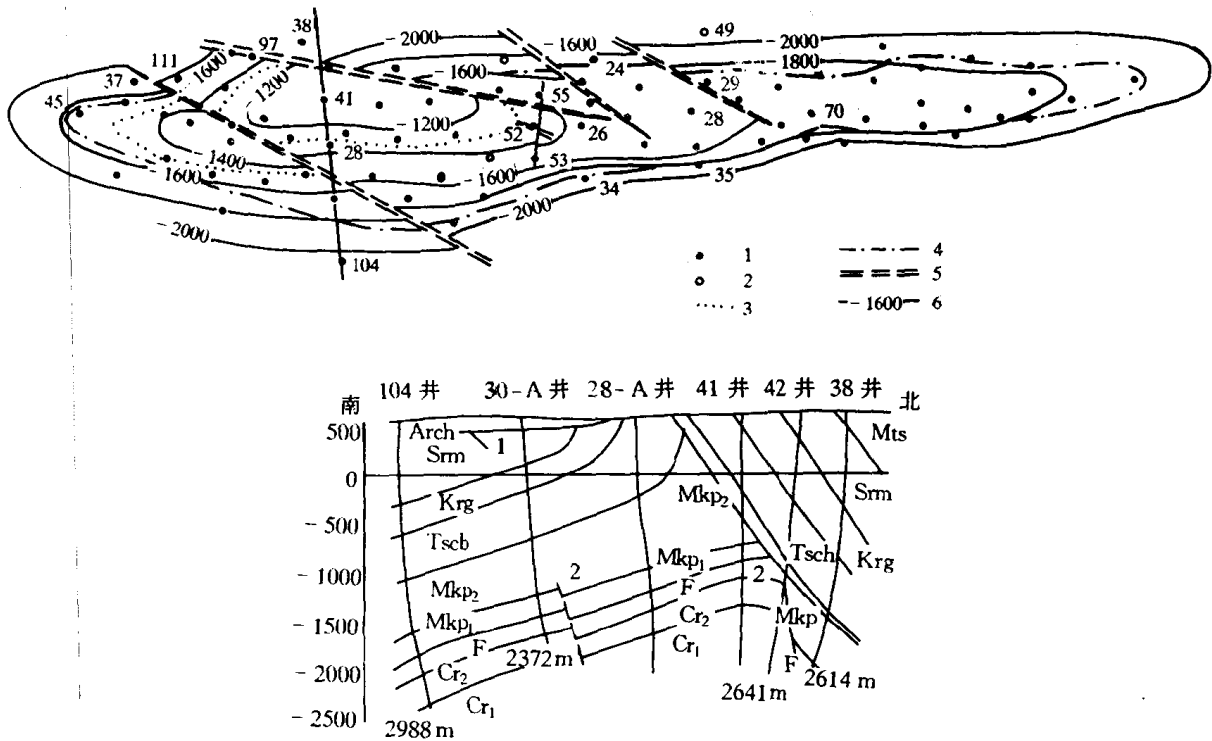


图 1.5 卡拉布拉克—阿恰鲁基油田上白垩统顶面构造图和横剖面图

1, 2—钻开上白垩统的井位; 3—含油内界; 4—含油外界; 5—构造断层线; 6—等高线; Arch—阿克恰格尔阶 (акчагыльский ярус); Mts—梅奥季奇阶 (меотический ярус); Srm—萨尔马特阶 (сарматский ярус); Krg—卡拉干层段 (караганский горизонт); Tsch—乔克拉克层段 (чокракский горизонт); Mkp₂—上迈科普层 (верхнемайкопские отложения); Mkp₁—下迈科普层 (нижнемайкопские отложения); F—有孔虫层 (фораминиферная свита); Cr₂—上白垩统 (верхнемеловые отложения); Cr₁—下白垩统 (нижнемеловые отложения)

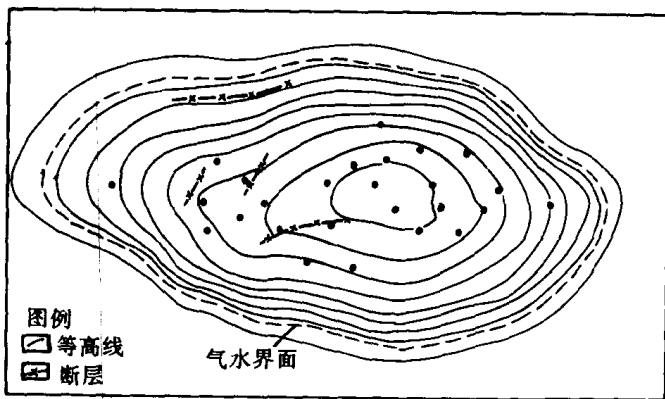


图 1.6 苏伊气田主页岩顶部构造图

门白杨河油田属于鼻状构造上倾方向被断层遮挡而形成的圈闭 (图 1.8)。大庆模范屯油田南部属于鼻状构造上倾方向被泥岩遮挡而形成的圈闭 (图 1.9)。鼻状构造型油、气藏在世界和我国各含油气盆地中经常可以见到。

(三) 断层构造

在储层上倾方向被断层遮挡而形成圈闭, 油气聚集其中就成为断层油、气藏。这种类型油、气藏在世界及我国各含油气盆地中分布非常广泛, 是最常见的

的油、气田构造类型之一。断层常把油、气藏切割成许多断块而形成复杂断块油、气藏。由断层遮挡形成的圈闭型式有多种, 常见的有以下几种:

1) 在储层上倾方向被弯曲断层遮挡而形成断层圈闭。大庆新店油田属于这种类型。在构造图上表现为构造等高线与弯曲断层线相交, 形成油气圈闭 (图 1.10)。

2) 在倾斜的储层上倾方向被两条及以上交叉断层遮挡而形成断层圈闭。在构造图上表现为构造等高线与交叉断层线相交, 如图 1.11、图 1.12 所示。

3) 由 2 条弯曲断层两端相交或由 3 条以上断层相交而形成断层圈闭。在构造图上表现为四周被断层包围而形成闭合空间，如图 1.13、图 1.14 所示。

4) 在多断层的油气藏中，常常形成地垒、地堑式断层圈闭。如松辽盆地南部的长春岭气田(图 1.15)。

断层与构造、岩性相配合还可形成多种圈闭型式，不一一叙述。总之，断层圈闭的型式很多，但必须具备两个条件：一是断层本身封闭性良好；二是断层线与构造等高线、断层线与岩性尖灭线必须是闭合的，否则断层就不能形成圈闭。

(四) 裂缝性圈闭

在致密、脆性的岩层中，原来的孔隙度

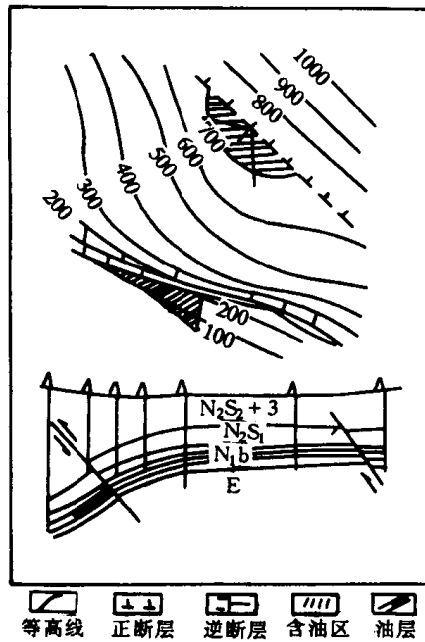


图 1.8 白杨河油田构造图(上)及剖面图(下)

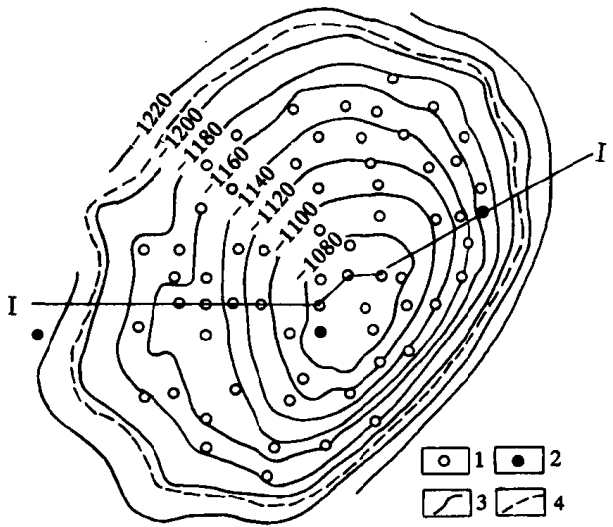


图 1.7 科罗布科夫气田块状气藏

下巴什基尔层顶面构造图

1—生产井；2—测压井；3—构造等高线；4—气水界面

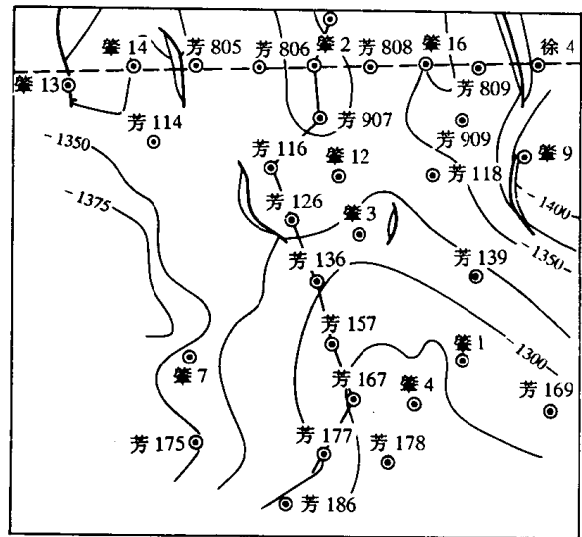


图 1.9 模范屯油田葡 I 组油层构造图

和渗透率都很小，不具备储集油气的条件，但由于构造作用、后期改造作用、溶蚀作用等，使其产生裂缝、裂隙、溶孔、溶洞等，具备了油气储集空间和渗流条件，与背斜、断层等圈闭相配合，形成裂缝性圈闭，油气聚集其中就成为裂缝性油、气藏。这种油、气田与其它类型油、气田在开发部署及生产管理上都有较大区别，需要特殊对待。

裂缝性油、气藏有以下几个方面的特点，可作为识别的标志：

1) 在钻井过程中，常在生产层所在井段和部位，出现钻具放空、钻井液漏失、井壁坍塌、井喷等现象。

2) 在储油(气)层岩心上可以观察到裂缝、断裂、溶孔等现象。在实验室用薄片、铸体等办法，在显微镜下可观察到微裂缝的形态、宽窄及分布状况等。

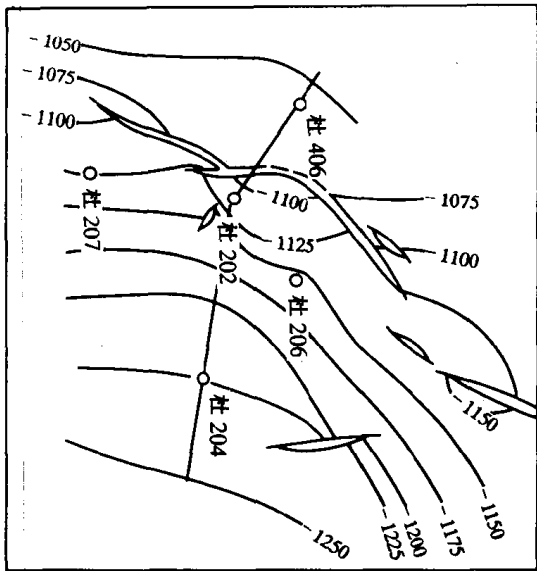


图 1.10 新店油田构造图

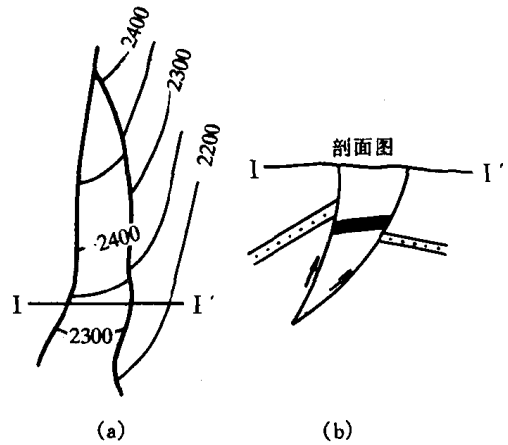


图 1.11 冷湖油田某断块构造图 (a) 及剖面图 (b)

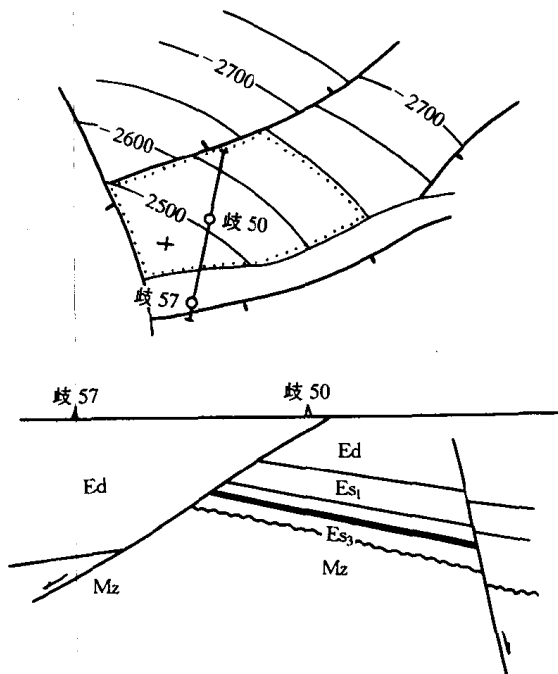


图 1.12 南中段歧 50 交叉断层断块油气藏

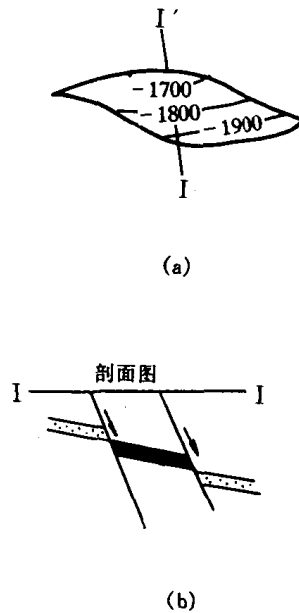


图 1.13 胜利油田某断块构造图 (a) 及剖面图 (b)

3) 实验室测定的储层岩石孔隙度很小, 渗透率很低, 但用地球物理测井、试井方法解释的孔隙度、渗透率并不小, 二者相差很大。

4) 由于众多的裂缝把各种类型的孔隙、裂隙、溶洞等联系起来, 互相沟通, 形成一个统一的具有块状结构的储集空间, 因而使这种油、气藏具有块状特点。

5) 由于裂缝、裂隙及溶洞等分布的不均一性, 同一储层不同部位的孔隙度、渗透率相差很大, 因而造成不同油、气井之间的产量相差悬殊, 常出现干井、低产井、高产井混杂现象。

6) 裂缝性油、气田, 由于开采不当, 底水油、气田易发生底水锥进, 边水油、气田易发生边水突进, 注水开发油田易发生暴性水淹, 使油、气井过早见水, 见水后含水率急剧上升, 产量迅速下降, 很快停产。

在世界石油、天然气储量及产量中, 裂缝性油、气藏占有重要的地位。阿拉伯、美国、前

苏联、加拿大等许多国家都在碳酸盐岩储层中找到了大型裂缝性油、气藏。我国四川盆地、华北盆地、柴达木盆地等也都有裂缝性油、气藏发现，尤其是四川盆地已发现了许多裂缝性气藏。

裂缝性油、气藏的例子很多，如前面讲到的前苏联卡拉布拉克—阿恰鲁基油田上白垩统油藏（图 1.5），为一巨厚的裂缝—溶洞型灰岩油藏。储层共分 6 层，主要为浅灰色灰岩，埋藏深度 1600m~2700m，有效厚度 245m~330m。从岩心上可以看到，裂缝、溶洞极为发育，岩石破碎，有些裂缝、溶洞被粘土、方解石充填，另外还有各种方向的缝合线。岩心分析油层孔隙度为 6.2%，渗透率仅为 $0.02 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 0.05 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，但根据测试资料解释，平均渗透率为 $35 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，相差 1000 多倍。单井产量差别大，从十几吨至几百吨不等。构造轴部，裂缝发育，单井产量高，有 2 口井因事故畅喷，日产量达 1000t。有些油井含水上升很快，仅 2 至 6 个月内完全被水淹。大部分油井在含水 40%~90% 上升到 100% 的过程很短，一般不超过 2 个月~6 个月。大部分产油量都在含水 40% 以

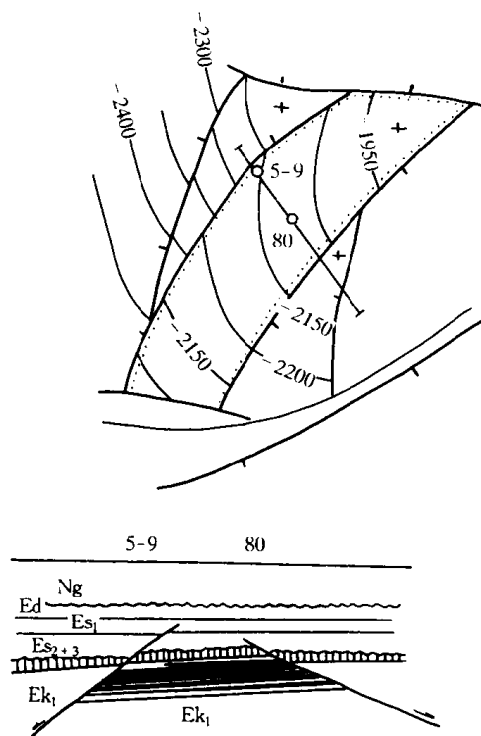


图 1.14 王官屯官 80 地垒断块油气藏

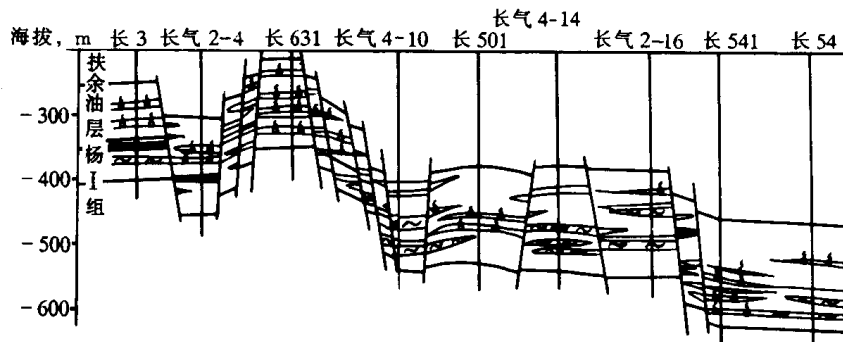


图 1.15 长春岭气田剖面图

前采出，含水 40% 以后采出的油量仅占总产油量的 5%~10%。

位于阿基坦盆地 (Aquitane Basin) 南缘的拉克气田是法国的最大气田，为一穹隆构造，长轴 16km，短轴 10km，闭合高度 1400m，含气面积 120km²，地质储量 $2540 \times 10^8 \text{m}^3 \sim 2620 \times 10^8 \text{m}^3$ 。产气层属一巨厚碳酸盐岩，深度 3250m~4550m，分上下两部分。上部为下白垩统尼欧克姆阶灰岩，厚 200m~300m，岩心分析孔隙度约 1%，渗透率一般小于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ；下部为上侏罗统马诺白云岩，厚 150m~200m，岩心分析孔隙度 1%~6%，渗透率 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 12 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。产气层裂缝很发育，呈网状分布，构造轴部最发育，边部逐渐消失。气井试采时就证实裂缝的存在。当气井一开井，产量很快就稳定，气井关闭 2、3min 后，压力就能恢复。测试资料解释的气层渗透率比岩心分析大 100 倍。拉克气田是一个典型的深层高压、无边水底水的封闭式气藏，原始地层压力高达 66.15MPa，地层温度达 140℃。单井产气量达 $33 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d} \sim 100 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，全气田年产气量 $70 \times 10^8 \text{m}^3 \sim 80 \times 10^8 \text{m}^3$ ，稳产了 17 年。